

Ph.D. ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**ELEKTRO-BIOREAKTOROK AZ IVÓVÍZTISZTÍTÁS
TERÜLETÉN**

Kiss István

Témavezető: Dr. Kálmán Miklós

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány
Biotechnológiai Intézet

Szeged, 2002

BEVEZETÉS

Korunk egyik kiemelkedő problémája a környezetünk állapota, annak szennyezettsége, melynek egyik közvetlen kiváltó oka az emberi ipari és mezőgazdasági tevékenység. Ezért a környezettudományok két fontos ága a környezeti állapot felmérése és környezetszennyezések felszámolása.

A környezetszennyezésekkel foglalkozó kutatások egyik legfontosabb területe a vizek, ezen belül is, az ivóvizek tisztítása, minőségjavítása. Az ivóvizek szerves szennyezői közül kiemelkedik a nitrát, mely ugyan közvetlenül nem mérgező, azonban származéka, a nitrit, különösen csecsemők esetében erősen mérgező.

A talajvizek nitrátszennyezettsége ma már olyan mértékű, hogy Magyarország területén előkezeletlen formában emberi fogyasztásuk nem ajánlott, számos helyen pedig tiltott.

Az ivóvizek nitrátmentesítésére számos módszert dolgoztak ki; ezeket működésük alapján fiziko-kémiai, biológiai és a két módszer kombinációjából született biológiai és fiziko-kémiai eljárásokra oszthatjuk. E módszerek közül egyedül a biológiai módszerek oldják meg tökéletesen a nitrát eliminációját. Ennek oka, hogy a baktériumok jelentős csoportja rendelkezik olyan enzimrendszerrel, mely képes a nitrátot inert nitrogénné redukálni, megfelelő elektrondonorok biztosítása esetén. Az elektrondonorok alapján a biológiai denitrifikációt két csoportra osztjuk, úgymint heterotróf (szerves anyagokat igénylő) és kemolitotróf (nem igényel szerves anyagokat) denitrifikáció. A heterotróf denitrifikáció ivóvizek kezelésében nem terjedt el, mivel bonyolult utókezelési műveleteket igényel. A kemolitotróf denitrifikáció elterjedését az általánosan gyakorlatban elektrondonorként alkalmazott hidrogén gáz

nehéz kezelhetősége hátráltatja. Egy jól szabályozható, biztonságos hidrogénforrás kifejlesztése lehetővé tenné e technológiák széleskörű elterjedését. A nemzetközi szakirodalomban ismertetett, víz elektrolízisén alapuló, biológiai nitrátmentesítő elrendezések azonban nagyon alacsony hatásfokúak.

Az izraeli Jacob Blaustein Institute for Desert Research, az MTA Szegedi Biológia Központ és a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Biotechnológia Intézete közös kutatási irányvonalat jelölt ki e témában, annak elérésére, hogy a víz elektrolízisével fejleszthető hidrogén gázt nagy hatásfokkal lehessen biológiai nitrátmentesítésre használni.

CÉLKITŰZÉSEK

Munkánk során olyan kísérleti elrendezés kidolgozását tűztük ki célul, mely alkalmas kistelepülések, háztáji gazdaságok ivóvizének biológiai nitrátmentesítésére. Figyelembe véve a heterotróf és kemolitotróf denitrifikáció előnyeit és hátrányait, az utóbbi eljárás alkalmazása mellett döntöttünk, mivel a szerves szénforrások mellőzése egyszerűsíti a technológia kivitelezését. Másrészt a kemolitotróf denitrifikáció alkalmazása esetében várható denitrifikációs aktivitások alacsony és közepes nitráttartalmú vizek esetében is kielégítőek.

A feladat kivitelezéséhez az alábbi kritériumokat adtuk meg:

- Az alkalmazott mikroorganizmusokra jellemző a kemolitotróf denitrifikáció, mely során energiaforrásként hidrogént képesek felhasználni.
- A denitrifikációhoz szükséges hidrogént a víz elektrokémiai bontása során nyerjük.
- A reaktor elrendezések folyamatos üzeműek legyenek.

MÓDSZEREK

A kitűzött cél megvalósításához a megfelelő mikroorganizmusokat izoláltuk és jellemeztük, majd ezekkel bioaktív, denitrifikáló biofilmet képeztünk granulált aktív szén felszínén, kemolitotróf, heterotróf, és részleges, adhezív módszert alkalmazva.

A tölteteken lévő biofilmet jellemeztük fehérje- és poliszaharidtartalma alapján, illetve meghatároztuk denitrifikációs aktivitását.

A továbbiakban a tölteteket anaerob, kemolitotróf körülmények között, kétféle reaktorelrendezésben működtettük, a biológiai folyamatokhoz szükséges hidrogént víz elektrolízisével biztosítva.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A dolgozatban két kemolitotróf, hidrogén-felhasználó biológiai denitrifikáló rendszert mutattunk be, elemezve kifejlesztését, annak működését, aktivitását és egyéb tulajdonságait. Megállapításainkat az alábbiakban foglaljuk össze:

- Az általunk kidolgozott biofilmképzési módszer, mely a hordozó adszorpciós tulajdonságait kihasználva, a klasszikus biofilmképzési módszerekkel összehasonlítva egyszerűbb eljárás, alkalmas a bemutatott izolátumokkal stabil és aktív bioaktív, denitrifikáló töltet létrehozására.
- Az alkalmazott izolátumok magas denitrifikációs aktivitást mutattak kemolitotróf körülmények között, ahol a hidrogén volt az elektrondonor.
- Az ivóvíz nitrátmentesítés területén a granulált aktív szén hordozó jól felhasználható, alkalmazása megkönnyíti a célzott biofilmképzést, illetve a reaktorok üzemeltetése során kiküszöbölhetőek a homokágyas reaktorok hibái (gázzárványok képződése).
- A reaktorok stabil működése azt jelzi, hogy az elektrokémiai cellák gyakorlatban is alkalmazhatók a kemolitotróf denitrifikáció hidrogénigényének biztosítására, működtetésük egyszerű, költségigényük alacsony.
- Az általunk kifejlesztett ECBR elrendezésben, a katódtérben elhelyezett bioaktív töltet működőképes volt, alacsony tartózkodási idők mellett magas denitrifikációs aktivitásokat mutatva.
- A kétféle reaktor elrendezés összehasonlítása során megállapítottuk, hogy azonos mikroflórát tartalmazó töltetek használata esetében a kombinált, ECBR reaktorok esetében tapasztalhatóak jelentősen nagyobb

aktivitások. Kísérleti úton bizonyítottuk, hogy ebben az esetben a reaktor denitrifikációs aktivitásának kialakításában biológiai és elektrokémiai folyamatok vesznek részt.

- A reaktorban lejátszódó folyamatokat vizsgálva bemutattuk, hogy a denitrifikáció szakaszai térben elkülönülnek, a nitrát redukciója játszódik le az elrendezés kezdeti részén, majd a nitrit redukciója következik.
- Megvizsgáltuk a BMIX törzskeverék populáció összetételének változást az üzemi szakasz különböző időpontjaiban. Azt tapasztaltuk, hogy a nem-steril körülmények ellenére csak a kiindulási izolátumok maradnak fenn, ezek közül is a kemolitotróf szaporodásra képes *Paracoccus pantotrophus* (M3) izolátum fordul elő a legnagyobb mennyiségben.
- A reaktorok üzemeltetése alacsony költségű, ami megerősíti a jövőbeli gyakorlati alkalmazás lehetőségét, és a méretnövelés is megoldható, mivel az elektrokémiai cella esetében nem jelent megemelt költségeket a nagyobb méret.
- A reaktorok működtetése során kapott és számított eredmények a nemzetközi szakirodalomban megjelent adatokkal hasonló tartományba esnek, illetve a víz elektrolízise során keletkező hidrogénen alapuló denitrifikáló rendszerekkel összehasonlítva, azoknál minden tekintetben jobb eredményeket kaptunk.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

Kiss I., Szekeres Sz., Bejerano T.T. és Soares M.I.M. (2000). Hydrogen-dependent denitrification: preliminary assessment of two bio-electrochemical systems. *Water Science and Technology* 42:373-379. Impact factor (2000): 0.495

Szekeres Sz., **Kiss I.**, Bejerano T.T. és Soares. M.I.M. (2001). Hydrogen-dependent denitrification in a two-reactor bio-electrochemical system. *Water Research* 35:715-719. Impact factor (2000): 1.285

Szekeres Sz., **Kiss I.**, Kalman M., Soares M.I.M. (2002). Microbial population in an hydrogen-dependent denitrification reactor. *Water Research* (Elfogadva). Impact factor (2000): 1.285

ELŐADÁSOK, POSZTEREK

Hansel M., Kesserű P., Tatar-Kis T., Szemes M., **Kiss I.**, Polyak B. (1996) New prospects in aerobic water denitrification. *Third International Symposium and Exhibition on Enviromental Contamination in Central and Eastern Europe*, Varsó, Lengyelország, 1996, szeptember 10-13.

Kesserű P., **Kiss I.** (1999) Bakteriális Vízisztító rendszerek, Mesterséges szimbiózisok Budapesti BEST Bizottság, Budapesti Műszaki Egyetem Nemzetközi Tanfolyama.

Tatár-K.T., Kesserű P. Mató T., Hansel M., **Kiss I.**, Dr. Polyák B. (1997) Biológiai nitrátmentesítés alkalmazása az ivóvizek tisztításában. Magyar Hidrológiai Társaság XV. Országos Vándorgyűlés Kaposvár 1997. Magyar Hidrológiai Társaság XV. Országos Vándorgyűlésének Kiadványa 1997 I Kötet 91-102 oldal.

Perei K., Bodrossy L., Rákhely G., Kovács L. K. Bihari Z., Kesserű P., **Kiss I.**, Polyák B. (1999) Bioremedációs eljárások alkalmazása jelentős környezetszennyezést okozó vegyületek eltávolítására ivó- és szennyvizekből, Mezőgazdaság - Környezetvédelem - Biotechnológia 1999 szimpózium, Veszprém.

EGYÉB PUBLIKÁCIÓK ÉS ELŐADÁSOK

Kiss I., Kesserű P., Fehér B., Bihari Z. és Polyák B. (2002) Co-immobilization of symbiotic green algae and *Saccharomyces unispora*. *Symbiosis* (Elfogadva). Impact factor (2000): 0.895

Kesserű P., **Kiss I.** Bihari Z. Polyák B. (2002) Investigation of the denitrification activity of immobilized *Pseudomonas butanovora* cells in the presence of different organic substrates. *Water Research*. (Elfogadva) Impact factor (2000): 1.285

Kesserű P., **Kiss I.** Bihari Z. Polyák B. (2001) Nitrátionok kettős szerepben, az ártalmas néha hasznos lehet? *Technika Műszaki szemle* 44. Évfolyam, 9: 37-39.

Perei K., Rákhely G., **Kiss I.**, Polyák B. és Kovács. K.L. (2001) Biodegradation of sulfanilic acid by *Pseudomonas paucimobilis* *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 55:101-107. Impact factor (2000): 1.505

Bálint T., Ferenczy J., Kátai F., **Kiss I.**, Kufcsák O., Láng G., Polyhos Cs., Szabó I., Szegletes T. és Nemcsók J. (1999) The contribution of a pyrethroid insecticide to the massive eel (*Anguilla anguilla*) devastation, in Lake Balaton, in 1995. *Acta Biologica Hungarica* 50(1-3): 161-173. Impact factor (2000): 0.291.

Perei K., Bodrossy L., Rákhely G., Bagyinka Cs., Bihari Z., Kesserű P., **Kiss I.**, Polyák P. és Kovács K.L. (1999) *Biodegradation of selected hazardous waste*. Proc. COST Action 831.

- Vértési A., Simon L.M, **Kiss I.** és Szajáni B.. (1999) Preparation, characterization and application of immobilized carboxypeptidase A. *Enzyme and Microbial Technology* 25: 73-79. Impact factor (2000): 1.411.
- Bálint T., Ferenczy J., Kátai F., **Kiss I.**, Kráczér L., Kufcsák O., Láng G., Polyhos Cs., Szabó I., Szegletes T. és Nemcsók J. (1997) Similarities and differences between the massive eel (*Anguilla anguilla* L.) devastations that occurred in Lake Balaton in 1991 and 1995. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 37: 17-23. Impact factor (2000): 1.060.
- Bácsi Z, **Kiss I.**, Polyák B. 3. (1997) Mesterséges szimbiózisok biotechnológiai hasznosítása. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás, Veszprém.
- Dr. Polyák B, Perei K., Bihari Z, Eördegh G., Gárgyán A., Hansel M., Kesserű P., **Kiss I.**, Tatár-K. T., Tóth M. (1997) "Sárkány ellen sárkányfű" *Technika Műszaki Szemle*, XL. évf. 4, 19-21.
- Bácsi Z, **Kiss I.**, Polyák B. (1997) *Mesterséges szimbiózisok biotechnológiai hasznosítása*. 3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás, Veszprém.
- Kiss I.** Polyák B., Hansel M., Perei K. (1995) Artificial symbioses in biotechnology Xth International Photosynthesis Congress. Montpellier, France, 20-25 August 1995
- Hörcsik T.Zs., **Kiss I.**, Zsíros O., Polyák B., Balogh Á. (1995) Properties of fructose 1,6-bisphosphatase from *Chlorella pyrenoidosa* and *Chlorella zofingiensis* ssp. International Conference of the Hungarian Biochemical Society Szeged.

